

# РОЛЬ УГЛЕРОДА В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ И ТЕКСТУРЫ ГОРЯЧЕКАТАНОГО ПРОКАТА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПНОЙ СТАЛИ

*Данилов С.В.*

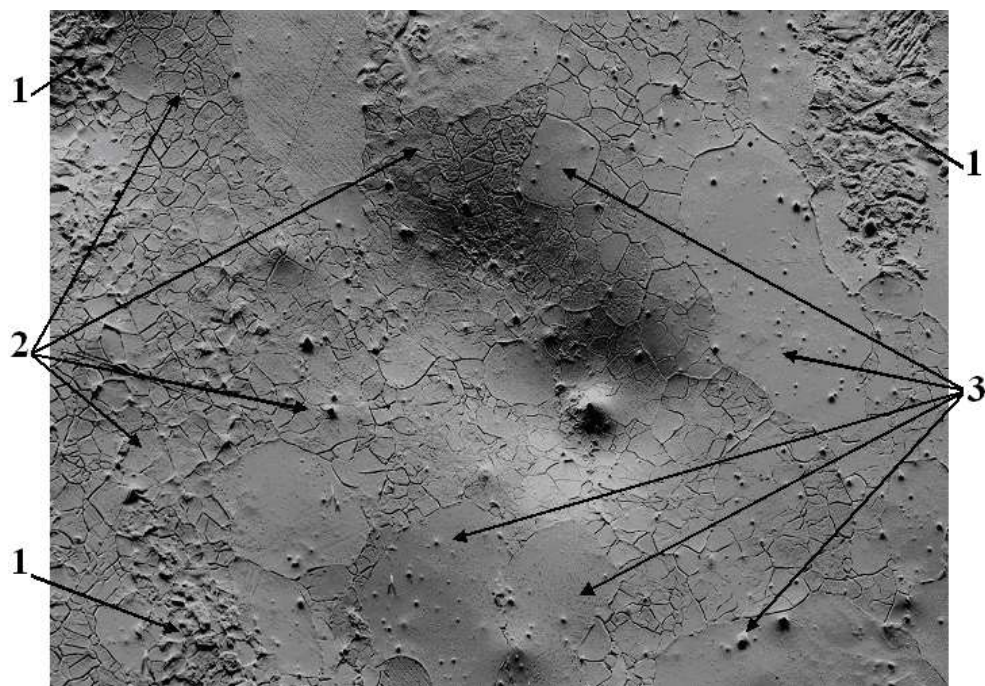
*Руководитель – доцент, к.т.н. Редикульцев А.А.*

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург  
sergej\_danilov@bk.ru

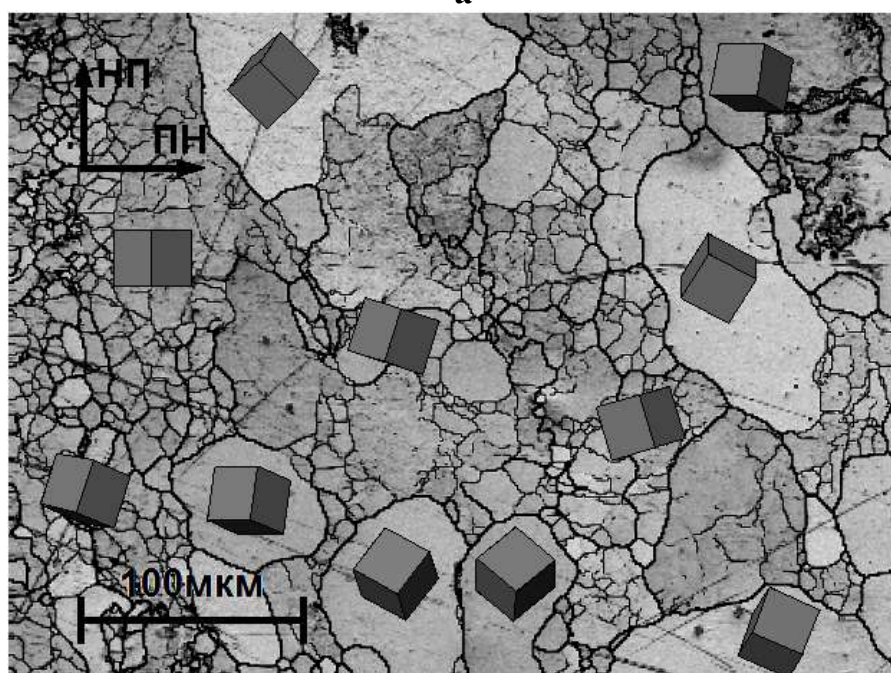
Горячая прокатка (ГП) – основная операция при структурообразовании электротехнической анизотропной стали (ЭАС, трансформаторная сталь, технический сплав  $Fe-3\%Si$ ). Во-первых, при ГП в подповерхностном слое образуется текстура деформации в виде (110)[001], которая после циклов обработки, реализующих текстурную наследственность, воспроизводится при вторичной рекристаллизации и обеспечивает высокие магнитные свойства готовой ЭАС. Во-вторых, при ГП ЭАС нитридного варианта производства либо формируется ингибиторная фаза, ответственная за реализацию в материале аномального роста зерен, либо возникают предпосылки для её последующего формирования.

Вредной примесью в готовой ЭАС является углерод. Однако, при любом варианте производства, в стали содержится от 0,02...0,05 мас. % углерода. Положительная роль углерода сводится к появлению, при температурах ГП, некоторой доли аустенита (~ 5...30 %), которая служит местами накопления азота, для формирования, при последующих пределах, ингибиторной фазы  $AlN$ . Также, углерод необходим в твердом растворе для повышения конечного качества ЭАС, благодаря усилению остроты ее текстуры, за счет проведения при холодной прокатке операции «pass aging» (деформационное старение). При этом в ряде работ показано, что наличие фазовой перекристаллизации в процессе ГП приводит к рекристаллизации, с рассеянием острой ребровой текстуры деформации в ориентировки  $\{110\}<113>...<112>$ . Целью настоящей работы являлось уточнение роли углерода в процессах структурообразования стали при ее горячей прокатке.

Горячекатаный подкат ЭАС нитридного варианта ингибирования, содержащий 0,05 мас. % углерода, исследовался с помощью метода ориентационной микроскопии – EBSD, с плоскости прокатки на горизонте 1/8 от толщины полосы (т.е. области, где в процессе деформации формируется наиболее острая ребровая текстура).



а



б

а – изображение в отраженных электронах;

б – ориентационная карта (EBSD, фазовый контраст с выделением границ между кристаллитами) с указанием ориентаций в виде элементарных ячеек кристаллической решетки;

1 – области продуктов распада аустенита; 2 – области деформированных зерен; 3 – рекристаллизованные зерна;

НП – направление прокатки, ПН – направление перпендикулярное НП

Рисунок 1. Микроструктура горячекатаного подката электротехнической анизотропной стали

Металлографический анализ структуры горячекатаного подката ЭАС (рис. 1, а) позволяет выявить три ее основные составляющие: области продуктов распада аустенита (1), области деформированных зерен (2) и растущие рекристаллизованные зерна (3). Деформированные зерна определяются по наличию развитой мезоструктуры – мелких кристаллитов приблизительно одной ориентировки, отделенных друг от друга малоугловыми (более тонкие, чем высокоугловые) границами (рис. 1, б). В целом область, показанная на рисунке 1, представлена аксиальной текстурой  $[110]$ , т.е. большинство кристаллитов имеют плоскость  $(110)$  параллельную плоскости прокатки. При этом деформированные зерна характеризуются наличием достаточно острой ребровой ориентировки  $(110)[001]$ , а рекристаллизованные  $(110)[h,-h,l]$ . Это позволяет предположить, что углерод, выделяющийся в процессе распада аустенита при ГП, диффундирует и собирается на малоугловых границах, уменьшая их подвижность, т.е. затрудняет процесс рекристаллизации, поскольку не дает возможности образоваться её зародышам.

Таким образом, наличие углерода в твердом растворе позволяет при ГП сохранить острую текстуру деформации  $(110)[001]$ , необходимую для получения совершенной ребровой текстуры вторичной рекристаллизации в готовой ЭАС.